

Instituto Federal de Brasília
Campus Brasília
Tecnologia em Sistemas para a Internet

RENAN EDUARDO DA SILVA SOUZA

Agilidade na Linha de Frente da Saúde: Desenvolvimento e Implementação de um Sistema Web (PWA) para Gerenciamento de Insumos em Ambulâncias de UPAs

Brasília
2025

RENAN EDUARDO DA SILVA SOUZA

Agilidade na Linha de Frente da Saúde: Desenvolvimento e Implementação de um Sistema Web (PWA) para Gerenciamento de Insumos em Ambulâncias de UPAs

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet do Instituto Federal de Brasília, Campus Brasília como parte da exigência para obtenção do título de Tecnólogo

Orientador(a): Me Fábio Ferraz Fernandez

Brasília
2025

S729 Souza, Renan Eduardo da Silva.

Agilidade na linha de frente da saúde: desenvolvimento e implementação de um Sistema Web (PWA) para gerenciamento de insumos em ambulâncias de UPAs. / Renan Eduardo da Silva Souza. – Brasília, 2025.

50 f. : il. color.

Orientador: Fábio Ferraz Fernandez.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Tecnologia em Sistemas para Internet, 2025.

1. Tecnologia na saúde. 2. Gestão de insumos. 3. Ambulâncias. 4. UPA. I. Fernandez, Fábio Ferraz. (orient.). II. Título.

CDU 004.65:614.2

Elaborado com os dados fornecidos pelo autor.

RENAN EDUARDO DA SILVA SOUZA

Agilidade na Linha de Frente da Saúde: Desenvolvimento e Implementação de um Sistema Web (PWA) para Gerenciamento de Insumos em Ambulâncias de UPAs

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet do Instituto Federal de Brasília, Campus Brasília como parte da exigência para obtenção do título de Tecnólogo

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Me. Fábio Ferraz Fernandez
Instituto Federal de Brasília - *Campus* Brasília
Membro interno

_____

Profa. Dra. Paula F. Schlemper de Oliveira
Instituto Federal de Brasília - *Campus* Brasília
Membro interno

_____

Prof. Me. Alisson Wilker Andrade Silva
Instituto Federal de Brasília - *Campus* Brasília
Membro interno

reconhecimento do uso de ferramentas IA e Tecnologias	*Reconheço a utilização da Inteligência Artificial Generativa Gemini (Google, modelo 2.5 Flash, 2025) para auxílio na tradução do resumo para língua inglesa (Abstract) e apoio na depuração (debug) de trechos de código durante o desenvolvimento do protótipo.* *Reconheço a utilização da ferramenta Google Forms para a estruturação, envio e coleta de dados do questionário de avaliação de usabilidade (System Usability Scale - SUS) junto ao público-alvo (socorristas, farmacêuticos e gestores).* *Reconheço a utilização do editor de texto Google Docs, acessado via conta institucional de estudante, para a escrita, formatação e estruturação deste presente Trabalho de Conclusão de Curso.* *Reconheço a utilização de ferramentas de design e modelagem, como Draw.io para a elaboração dos diagramas de caso de uso, modelo entidade-relacionamento e arquitetura do sistema.*

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresenta o desenvolvimento de um sistema web no formato *Progressive Web App* (PWA) para otimizar a solicitação e o gerenciamento de insumos médicos em ambulâncias. O estudo de caso baseia-se na realidade da Unidade de Pronto Atendimento (UPA) de Vicente Pires, no Distrito Federal, onde identificou-se que a reposição de materiais como curativos e medicamentos em viaturas de emergência ainda ocorria de forma manual, gerando atrasos e inconsistências no estoque das viaturas.

O objetivo principal foi substituir esse método analógico por uma solução digital que garantisse rastreabilidade e eficiência. O sistema desenvolvido permite que os profissionais realizem pedidos de forma intuitiva e que o setor de farmácia gerencie as entregas com precisão. As funcionalidades implementadas incluem autenticação segura, *checklist* digital, alertas de níveis críticos e emissão de relatórios gerenciais.

A metodologia adotada percorreu desde o levantamento de requisitos com os usuários reais até a implementação utilizando tecnologias como React, Python (Flask) e MariaDB. Os resultados, validados junto aos usuários por meio do método *System Usability Scale* (SUS), atingiram a pontuação média de 87,0, classificando a usabilidade do sistema como excelente. A aplicação demonstrou promover maior agilidade nos atendimentos e segurança operacional no contexto pré-hospitalar. Como limitações a serem abordadas em trabalhos futuros, destacam-se a implementação de arquitetura *offline* e trilhas de auditoria avançadas. Conclui-se que a tecnologia proposta pode aprimorar significativamente os serviços de saúde pública.

Palavras-chave: tecnologia na saúde; gestão de insumos; ambulâncias; UPA

ABSTRACT

This undergraduate thesis presents the development of a web system in the form of a Progressive Web App (PWA) designed to optimize the requesting and management of medical supplies in ambulances. The case study is based on the operational context of the Emergency Care Unit (UPA) of Vicente Pires, in the Federal District, where it was identified that the replenishment of essential materials such as bandages and basic medications was still carried out manually, resulting in delays and inconsistencies in the vehicle inventory.

The main objective was to replace this analog procedure with a digital solution capable of ensuring traceability and operational efficiency. The system developed allows healthcare personnel to submit requests easily, while the pharmacy sector can manage and process deliveries with greater accuracy. The implemented functionalities include secure authentication, a digital checklist, critical-level alerts, and the generation of management reports.

The methodology comprised requirement gathering with real users, followed by system implementation using technologies such as React, Python (Flask), and MariaDB. The results, validated with users through the System Usability Scale (SUS), achieved an average score of 87.0, classifying the system's usability as excellent. The application demonstrated potential to increase responsiveness and operational safety within the pre-hospital care environment. Notable limitations for future development include the adoption of an offline-first architecture and enhanced audit trail mechanisms. It is concluded that the proposed technology can significantly improve public health services.

Keywords: health technology; medical supply management; ambulances; Emergency Care Unit (UPA)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1 — Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Gerenciamento de Insumos..... 25
Figura 2 — Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER) do Sistema de Gerenciamento de Insumos..... 26
Figura 3 — Tela de Login do Sistema E-MedLog.. 27
Figura 4 — Tela Início do Socorrista no Sistema E-MedLog..... 28
Figura 5 — Tela de *checklist* do Sistema E-MedLog.. 28
Figura 6 — Painel do Gestor no Sistema E-MedLog.. 29
Figura 7 — Tela da Farmacia do Sistema E-MedLog. 29
Figura 8 — Arquitetura em camadas do sistema E-MedLog. 36
Figura 9 — Percentual do questionário SUS, aplicado via Forms Google. 41

LISTA DE QUADROS

Quadros

Quadro 1 – Visão geral das interfaces e permissões de acesso do sistema E-MedLog.....31
Quadro 2 – Especificação de Caso de Uso: Autenticação de Usuário (Login).....32
Quadro 3 – Especificação de Caso de Uso: Realização de *checklist* e Solicitação de Reposição..... 33
Quadro 4 – Especificação de Caso de Uso: Gerenciamento Administrativo e de Insumos.....34
Quadro 5 – Especificação de Caso de Uso: Controle de Pedidos da Farmácia.. 35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APH	Atendimento Pré-Hospitalar
API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Web Services
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CSS	Cascading Style Sheets
DER	Diagrama de Entidade-Relacionamento
DF	Distrito Federal
HTML	HyperText Markup Language
IFB	Instituto Federal de Brasília
IGES-DF	Instituto de Gestão Estratégica de Saúde do Distrito Federal
MV	Sistema de Gestão Hospitalar - nome do sistema da farmácia
PWA	Progressive Web App
RF	Requisitos Funcionais
RN	Regras de Negócio
RNF	Requisitos Não Funcionais
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SUS	Sistema Único de Saúde
SUS	System Usability Scale
TI	Tecnologia da Informação
UML	Unified Modeling Language
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
USB	Unidade de Suporte Básico
USA	Unidade de Suporte Avançado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
1.1 Apresentação do Problema 13
1.2 Justificativa 14
1.3. Objetivo Geral 15
1.3.1. Objetivos Específicos 15
1.4. Estrutura do TCC 15
1.5. Classificação da Pesquisa 15
2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA 17
2.1. A Gestão de Materiais no Contexto de Urgência 17
2.2. Tecnologias Digitais e Mobilidade na Saúde 18
2.3. Progressive Web Apps (PWA) e Rastreabilidade 19
2.4. Modelagem de Dados e Arquitetura de Software 19
3. METODOLOGIA 21
3.1. Classificação da Pesquisa e Abordagem 21
3.2. Procedimentos Técnicos e Etapas de Desenvolvimento 21
3.2.1. Levantamento de Requisitos e Imersão 21
3.2.2. Análise e Modelagem do Sistema 22
3.2.3. Tecnologias e Ferramentas Utilizadas 22
3.2.4. Testes de Usabilidade e Validação 23
4. MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO 25
4.1. Requisitos e Regras de Negócio 25
4.2. Artefatos do Sistema 26
4.2.1. Diagrama de Casos de Uso 26
4.2.2. Modelagem de Dados (DER) 28
4.3. Interfaces e Experiência do Usuário (UI/UX) 28
4.4. Arquitetura e Infraestrutura de Implantação 32
4.4.1. Descrição dos casos de usos do E-Medlog 33
Quadro 4 – Especificação de Caso de Uso: Gerenciamento Administrativo e de Insumos 36
4.4.2. Arquitetura Implementada 38
4.5. Funcionalidades Implementadas 39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 41
5.1. Validação Funcional e Operacional 41
5.2. Avaliação de Usabilidade (Método SUS) 42
5.3. Análise da Infraestrutura e Desempenho 44
5.4. Discussão dos Resultados 45
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 46
6.1. Limitações do Estudo 46
6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros 46
GLOSSÁRIO 51

1. INTRODUÇÃO

A rotina nas Unidades de Pronto Atendimento (UPAs) brasileiras exige agilidade e precisão. Diante deste contexto desafiador, essas unidades desempenham um papel essencial no acolhimento e na triagem de pacientes em situações de urgência e emergência. Funcionando como elo entre a atenção básica e os hospitais de maior complexidade, as UPAs demandam um funcionamento ágil, coordenado e eficiente para garantir a integridade e a vida dos pacientes.

Inseridas na lida hospitalar, as equipes paramédicas atuam diretamente no atendimento pré-hospitalar, sendo responsáveis pelo primeiro contato com o paciente em campo, realização de manobras de estabilização e transporte seguro às unidades de referência. A prontidão operacional dessas equipes está diretamente vinculada à disponibilidade e à organização dos insumos nas viaturas, o que exige processos logísticos bem estruturados e confiáveis.

1.1 Apresentação do Problema

Apesar da relevância dessas equipes no atendimento emergencial, muitos processos logísticos nas unidades de saúde ainda se baseiam em métodos manuais. Na UPA de Vicente Pires, no Distrito Federal, observou-se que a reposição de insumos utilizados nas ambulâncias é realizada por meio de formulários físicos, preenchidos manualmente no decorrer de cada plantão. Esses documentos são então entregues pessoalmente na farmácia da unidade, o que exige deslocamentos repetidos e gera atrasos na reposição.

Essa rotina, está sujeita a diversas falhas: desde pedidos incompletos e caligrafia ilegível até a perda ou danificação dos formulários, entre outros fatores que comprometem a rastreabilidade dos pedidos e a eficiência do serviço. Conforme o socorrista Emerson Soares, "Acontece da farmácia perder o pedido de insumos".

Além disso, a farmácia, que já opera com uma equipe muitas vezes reduzida e uma demanda alta, precisa ainda transcrever esses pedidos manuais para o seu sistema interno (MV), um processo que consome um tempo precioso e pode introduzir novos erros.

Essas fragilidades afetam diretamente a qualidade do atendimento, pois a ausência de materiais básicos ou medicamentos pode comprometer a resposta em situações críticas. Com duas equipes paramédicas fixas realizando, em média, quatro pedidos por dia, os atrasos acumulados geram uma falha preocupante no abastecimento contínuo das ambulâncias, impactando o fluxo do serviço. A Enfermeira Nayra Alves reforçou que a viatura pode ser baixada por quebra ou retenção de equipamentos, e que a comunicação atual via WhatsApp é insuficiente.

1.2 Justificativa

A persistência de processos manuais no controle de insumos representa um gargalo operacional em ambientes que, por sua natureza, exigem agilidade e precisão. Diante desse cenário, a digitalização e automação desse fluxo tornam-se não apenas desejáveis, mas necessárias para reduzir falhas, otimizar recursos e, acima de tudo, garantir a segurança no atendimento à população.

A solução desenvolvida neste trabalho, um sistema web no formato de *Progressive Web App* (PWA), foi desenhada para digitalizar o processo de requisição, permitindo registro e monitoramento em tempo real. A implementação do sistema justifica-se pelos seguintes benefícios consolidados:

- Eliminação do uso de papel, agilizando o processo de solicitação;
- Redução de erros de interpretação e extravio de pedidos;
- Monitoramento em tempo real da disponibilidade de materiais nas viaturas;
- Aumento da transparência e da rastreabilidade do processo entre as equipes assistenciais e a farmácia .

A solução proposta alinha-se à necessidade de modernização dos serviços públicos de saúde, buscando impulsionar a eficiência operacional e reforçar a segurança do paciente em contextos de urgência e emergência.

1.3. Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um sistema digital para realizar *checklists* de insumos em ambulâncias vinculadas às UPAs, com controle por turno e geração de relatórios operacionais.

1.3.1. Objetivos Específicos

- Levantar os requisitos do sistema com base na rotina dos profissionais da UPA de Vicente Pires.
- Projetar e implementar uma interface responsiva e intuitiva, adequada ao ambiente de urgência (*Mobile First*).
- Desenvolver funcionalidades de *checklist* digital quantitativo vinculado a cada viatura e usuário.
- Implementar uma infraestrutura de servidor local (Raspberry Pi) com acesso remoto seguro via túnel criptografado (Cloudflare).
- Avaliar a usabilidade e o desempenho do sistema através de testes funcionais.
- Validar a eficácia da solução na redução de falhas e na automação do processo de reposição.

1.4. Estrutura do TCC

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta o contexto, a problemática, a justificativa e os objetivos do projeto. O Capítulo 2 revisa a literatura relacionada à gestão de insumos em saúde, tecnologias digitais (PWA) e rastreabilidade. O Capítulo 3 descreve a metodologia aplicada e as ferramentas tecnológicas utilizadas. O Capítulo 4 detalha a modelagem, a arquitetura do sistema e a implementação técnica. Por fim, o Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos com a aplicação funcional, as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros .

1.5. Classificação da Pesquisa

Quanto à sua natureza, esta pesquisa classifica-se como Aplicada, pois buscou a resolução de um problema prático no contexto da saúde pública. Em relação aos objetivos, é classificada como Exploratória e Descritiva, por investigar a realidade de trabalho na UPA-VP e detalhar as características da solução desenvolvida.

Quanto à abordagem metodológica, utilizou-se uma combinação de métodos Qualitativo e Quantitativo. O método qualitativo foi empregado no levantamento de requisitos, por meio de entrevistas e observação do processo de trabalho na UPA-VP. Já o método quantitativo foi aplicado na fase de avaliação do sistema, utilizando instrumentos de pesquisa objetivos como o System Usability Scale (SUS) e testes de desempenho das funcionalidades desenvolvidas. Os procedimentos técnicos incluíram o levantamento de requisitos, a prototipação de interfaces, a modelagem de dados e a implementação do software.

2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

A gestão eficiente de recursos materiais em saúde não é apenas uma questão administrativa, mas um fator determinante para a qualidade e segurança da assistência prestada ao paciente. No contexto do atendimento pré-hospitalar e de unidades de pronto atendimento, a disponibilidade imediata de insumos pode definir o desfecho de uma ocorrência crítica.

2.1. A Gestão de Materiais no Contexto de Urgência

A administração de materiais, conforme definido classicamente por Chiavenato (1991), consiste em garantir que os recursos necessários estejam disponíveis na quantidade certa, no local adequado e no tempo certo à disposição dos órgãos que compõem o processo produtivo. Em instituições de saúde, essa logística torna-se complexa devido à diversidade de itens e à criticidade do seu uso, onde a falta de um insumo não paralisa apenas um fluxo de trabalho, mas pode comprometer diretamente a assistência à saúde de indivíduos.

No cenário específico de unidades móveis, como ambulâncias vinculadas a UPAs ou ao SAMU, a escassez de materiais é frequentemente apontada como um dos maiores desafios operacionais enfrentados pelas equipes. A precisão na checagem antes da saída da viatura é, portanto, uma etapa de segurança inegociável.

Entretanto, a realidade operacional muitas vezes impõe barreiras a esse controle. Essa visão é corroborada por Bettini (2024), que reforça que a imprecisão nas previsões de estoque e a necessidade constante de recontagem manual obrigam os profissionais a dedicarem tempo excessivo a tarefas repetitivas, desviando o foco do cuidado ao paciente.

A administração de recursos materiais é um dos pilares para a eficiência de serviços de saúde. No entanto, quando aplicada ao contexto hospitalar, essa gestão ganha contornos de criticidade, pois a falta de um insumo pode custar uma vida. Vecina Neto e Reinhardt Filho (1998) reforçam que a logística de medicamentos e materiais exige precisão absoluta. Nesse cenário, Melo *et al.* (2016) e Castilho e

Lourenço (2007) destacam que o controle rigoroso de itens classificados como críticos é indispensável para evitar a desassistência em unidades de saúde pública.

Historicamente, a responsabilidade pelo controle desses insumos recai sobre a equipe de enfermagem, desviando o foco da assistência direta ao paciente. Diversos estudos, como os de Honório e Albuquerque (2005) e Garcia *et al*. (2013), apontam a sobrecarga administrativa gerada por processos manuais de conferência. Bogo *et al*. (2015) e Ventura *et al*. (2016) corroboram essa visão, indicando que a participação do enfermeiro na gestão de recursos é vital, mas carece de ferramentas que otimizem o tempo. Recentemente, Andrade *et al.* (2021) reforçaram que a inserção de tecnologias de apoio é o caminho para mitigar esse conflito entre a gestão e o cuidado.

2.2. Tecnologias Digitais e Mobilidade na Saúde

Para superar as limitações dos processos analógicos e manuais, a incorporação de tecnologias móveis tem se consolidado como uma estratégia vital na gestão em saúde. Segundo Barra et al. (2017), o desenvolvimento de aplicações móveis (*mHealth*) termo que designa o uso de tecnologias móveis e sem fio para suporte à prática médica e à saúde pública permite que os profissionais acessem e registrem dados diretamente no local do atendimento, garantindo agilidade e reduzindo a lacuna entre a assistência e a gestão.

No contexto específico do Atendimento Pré-Hospitalar (APH), a mobilidade é um requisito obrigatório. Bettini (2024) destaca que a adoção de aplicativos para o controle de materiais em ambulâncias não apenas moderniza o serviço, mas elimina o retrabalho e as falhas inerentes ao preenchimento de formulários em papel. Essa transição para o digital traz benefícios diretos para a eficiência operacional. Conforme apontam Paschoal e Castilho (2010), a implementação de sistemas informatizados de gestão de materiais resulta na diminuição do consumo desnecessário e na otimização do controle de estoques, assegurando que os insumos críticos estejam disponíveis quando a equipe mais precisa.

O sistema E-MedLog foi desenvolvido alinhado a essa perspectiva, utilizando a tecnologia PWA para entregar uma solução robusta e acessível em dispositivos móveis, substituindo o fluxo de papel por dados estruturados e auditáveis.

2.3. Progressive Web Apps (PWA) e Rastreabilidade

Na era da transformação digital, a escolha da tecnologia adequada torna-se um fator determinante. Para atender às necessidades operacionais da UPA de Vicente Pires, optou-se pelo desenvolvimento de um *Progressive Web App* (PWA).

Os PWAs representam uma evolução das aplicações web tradicionais, combinando a acessibilidade da web com a experiência de uso de aplicativos nativos. Barra *et al.* (2017) destacam a importância de características como a responsividade e a capacidade de funcionamento *offline* ou em redes instáveis para a efetividade de soluções digitais na saúde. Essencialmente, o sistema desenvolvido comporta-se como um aplicativo móvel, permitindo acesso rápido e instalação na tela inicial sem a burocracia das lojas de aplicativos, o que facilita a manutenção e a atualização contínua para todos os usuários.

2.4. Modelagem de Dados e Arquitetura de Software

A eficácia de um sistema de informação está diretamente ligada à sua capacidade de organizar e processar dados de forma lógica. *Pressman* e Maxim (2016) reforçam a importância da fase de design e da elaboração de artefatos como diagramas de casos de uso e modelagem de dados para o sucesso de projetos de software.

Para o E-MedLog, a modelagem de dados estruturou entidades fundamentais como 'Insumo', 'Pedido', 'Ambulância' e 'Usuário', garantindo a integridade das informações em um banco de dados relacional. A arquitetura de software foi concebida com uma abordagem em camadas (*Client-Server*), visando modularidade e escalabilidade:

1. *Front-end*: Desenvolvido em *React (JavaScript)*, permitindo uma interface dinâmica e reativa.

2. *Back-end*: Implementado em *Python* com o *framework Flask*, ideal para a criação de *APIs RESTful* que processam as regras de negócio.
3. Banco de Dados: Utilizou-se o MariaDB (compatível com *MySQL*) pela sua robustez e confiabilidade no armazenamento de dados críticos de saúde.

Essa arquitetura promove uma comunicação eficiente e segura, alinhada aos padrões modernos de desenvolvimento web e preparada para futuras integrações com sistemas hospitalares maiores.

3. METODOLOGIA

O presente capítulo detalha o percurso metodológico adotado para a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso. A metodologia delineada visou garantir o rigor científico e a aplicabilidade da solução proposta, alinhando-se à resolução de um problema prático no contexto da saúde pública.

3.1. Classificação da Pesquisa e Abordagem

Quanto à sua natureza, esta pesquisa classifica-se como Aplicada, pois buscou a resolução de um problema prático: a ineficiência na gestão de insumos em ambulâncias. Em relação aos objetivos, é classificada como Exploratória e Descritiva, buscando compreender as falhas nos processos atuais e detalhar a solução tecnológica desenvolvida.

Quanto à abordagem, adotou-se o método Misto (Quali-Quantitativo). A vertente qualitativa focou na compreensão profunda das dores e fluxos de trabalho dos usuários, enquanto a vertente quantitativa forneceu suporte através dos dados numéricos gerados durante os testes de validação (método SUS). Os procedimentos técnicos incluíram o levantamento de requisitos, prototipagem, modelagem de dados e validação com usuários reais.

3.2. Procedimentos Técnicos e Etapas de Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto seguiu um ciclo iterativo, característico de metodologias ágeis, permitindo ajustes contínuos e entregas incrementais, conforme preconizado por Pressman e Maxim (2016). As etapas foram estruturadas da seguinte forma:

3.2.1. Levantamento de Requisitos e Imersão

Durante as visitas à UPA de Vicente Pires, foi possível notar a dificuldade dos socorristas em manusear pranchetas e papéis enquanto prestavam o suporte necessário aos pacientes, o que durante o levantamento de requisitos foi crucial para compreender as particularidades do fluxo de trabalho na UPA de Vicente Pires.

Este processo ocorreu por meio de duas entrevistas semiestruturadas principais e observação direta:

1. Março de 2025: Entrevista com o socorrista Emerson Soares, onde se identificou a morosidade do processo manual. O relato *"Acontece da farmácia perder o pedido de insumos"* evidenciou que o papel não garantia a rastreabilidade necessária, gerando insegurança na ponta operacional.
2. Junho de 2025: Entrevista com a Gerente de Transportes, Enfermeira Nayra Alves, que reforçou a necessidade de auditoria. Foi identificado que a comunicação informal via WhatsApp para "baixar" viaturas era insuficiente, demandando um sistema que registra formalmente o status de inaptidão da ambulância por falta de insumos críticos.

Essas interações definiram os requisitos funcionais (como o *checklist* obrigatório e o bloqueio de viaturas) e as regras de negócio do sistema.

3.2.2. Análise e Modelagem do Sistema

Com base nos requisitos, a fase de design concentrou-se na estruturação lógica da solução. Foram elaborados os seguintes artefatos:

- Diagrama de Casos de Uso: Para mapear as interações entre os atores (Socorrista, Farmácia, Gestor) e as funcionalidades do sistema.
- Modelagem de Dados (DER): Para estruturar o banco de dados relacional, definindo as entidades Insumo, Ambulância, Usuário e Pedido, garantindo a integridade das informações.
- Prototipagem *(UI/UX)*: Elaboração de interfaces com foco na usabilidade móvel *(Mobile First)*, dado que o uso principal ocorre dentro das ambulâncias em movimento.

3.2.3. Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento do sistema E-MedLog, foram selecionadas tecnologias que asseguram robustez e escalabilidade. A arquitetura foi dividida em camadas:

Front-end (Interface): Construído com HTML5, CSS3 e JavaScript, utilizando a biblioteca React (META OPEN SOURCE, 2024). A escolha do React permitiu criar uma aplicação reativa e modular. A ferramenta Vite foi utilizada para a construção do projeto, garantindo performance. A aplicação foi configurada como um Progressive Web App (PWA) (BARRA *et al.*, 2017), permitindo a instalação em dispositivos móveis sem a necessidade de lojas de aplicativos.

Back-end (API): Desenvolvido em Python (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2024) com o *microframework* Flask (PALLETS PROJECTS, 2024). A API segue o padrão RESTful e utiliza a estrutura de *Blueprints* para organizar as rotas (Autenticação, Pedidos, Insumos). Bibliotecas como Flask-Bcrypt (segurança de senhas) e Flask-Cors foram integradas para garantir a segurança da comunicação.

Banco de Dados: Utilizou-se o MariaDB (MARIADB FOUNDATION, 2024), um sistema gerenciador de banco de dados relacional compatível com MySQL.

Infraestrutura de Homologação: Para a validação do sistema em cenário real, foi configurado um servidor local utilizando um Raspberry Pi. Para garantir o acesso remoto seguro e a criptografia (HTTPS) sem expor a rede local da unidade, implementou-se o Cloudflare *Tunnel* (CLOUDFLARE, 2024) conectado a um servidor web Nginx atuando como *Proxy* Reverso.

3.2.4. Testes de Usabilidade e Validação

A fase final consistiu na validação do sistema com usuários reais. Os testes foram realizados em um ambiente simulado que mimetizasse as condições de uso da UPA, permitindo que os perfis de Socorrista, Gestor e Farmácia interagissem com o fluxo completo: do *checklist* à baixa do pedido.

Para a avaliação quantitativa da usabilidade, aplicou-se um questionário baseado na metodologia SUS *(System Usability Scale)*, disponibilizado via Google Forms. O instrumento, composto por 10 perguntas objetivas com *escala Likert*,

permitiu mensurar a facilidade de uso, a curva de aprendizado e a confiança dos usuários no sistema desenvolvido

4. MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo detalha o processo técnico de construção do sistema E-MedLog. A seguir, são apresentados os requisitos consolidados, os artefatos de modelagem que guiaram a codificação e a arquitetura final da solução implementada e hospedada.

4.1. Requisitos e Regras de Negócio

A definição do escopo do sistema baseou-se no levantamento realizado junto à equipe da UPA de Vicente Pires . As funcionalidades foram categorizadas em Requisitos Funcionais (RF), que descrevem o comportamento do sistema, e Requisitos Não Funcionais (RNF), que definem critérios de qualidade técnica. As Regras de Negócio (RN) foram implementadas para garantir a aderência aos protocolos de segurança da unidade.

Requisitos Funcionais Implementados

- **RF01:** Permitir login de usuários (perfis Socorrista, Farmácia e Gestor).
- **RF02:** Exibir a lista padronizada de itens obrigatórios por tipo de viatura com suas quantidades mínimas.
- **RF03:** Permitir ao socorrista informar a quantidade real de itens (*checklist* quantitativo).
- **RF04:** Gerar automaticamente o pedido de reposição para itens abaixo do estoque mínimo.
- **RF05:** Disponibilizar o pedido para visualização e atendimento imediato no painel da Farmácia.
- **RF06:** Permitir ao gestor visualizar indicadores e filtrar o histórico de pedidos.
- **RF07:** Permitir o cadastro e edição de usuários e insumos.
- **RF08:** Permitir o bloqueio (baixa) de viaturas inaptas pelo socorrista, com registro de motivo.
- **RF09:** Permitir a reativação de viaturas pelo gestor após a regularização das pendências.
- **RF10:** Notificar o socorrista visualmente quando seus pedidos forem atendidos pela farmácia.

Requisitos Não Funcionais e Soluções Técnicas

- **RNF01:** A aplicação deve ser responsiva e acessível via navegador móvel. (Solução: Uso de React e PWA).
- **RNF02:** Armazenamento seguro e persistente dos dados. (Solução: Banco de Dados Relacional MariaDB).
- **RNF03:** Criptografia de senhas dos usuários. (Solução: Uso da biblioteca Bcrypt no Backend).
- **RNF04:** Acesso apenas por usuários autenticados e autorizados. (Solução: Controle de sessão e Rotas Protegidas).
- **RNF05:** Acesso remoto seguro via internet. (Solução: Túnel Criptografado Cloudflare com HTTPS).

Regras de Negócio Implementadas

- **RN01:** Viatura Inapta por falta de itens críticos. (O sistema bloqueia automaticamente se a quantidade de item crítico for insuficiente).
- **RN02:** *checklist* vinculado à seleção da viatura. (É obrigatória a seleção da ambulância antes do preenchimento).

4.2. Artefatos do Sistema

Para estruturar a solução antes da codificação, foram utilizados diagramas seguindo o padrão UML (Unified Modeling Language), garantindo o alinhamento entre a lógica de negócio e a implementação.

4.2.1. Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso ilustra as interações possíveis no sistema. O ator Socorrista interage primariamente com as funções de *checklist* e Baixa de Viatura, enquanto o Gestor possui acesso às funções administrativas de cadastro, relatórios e liberação de viaturas .

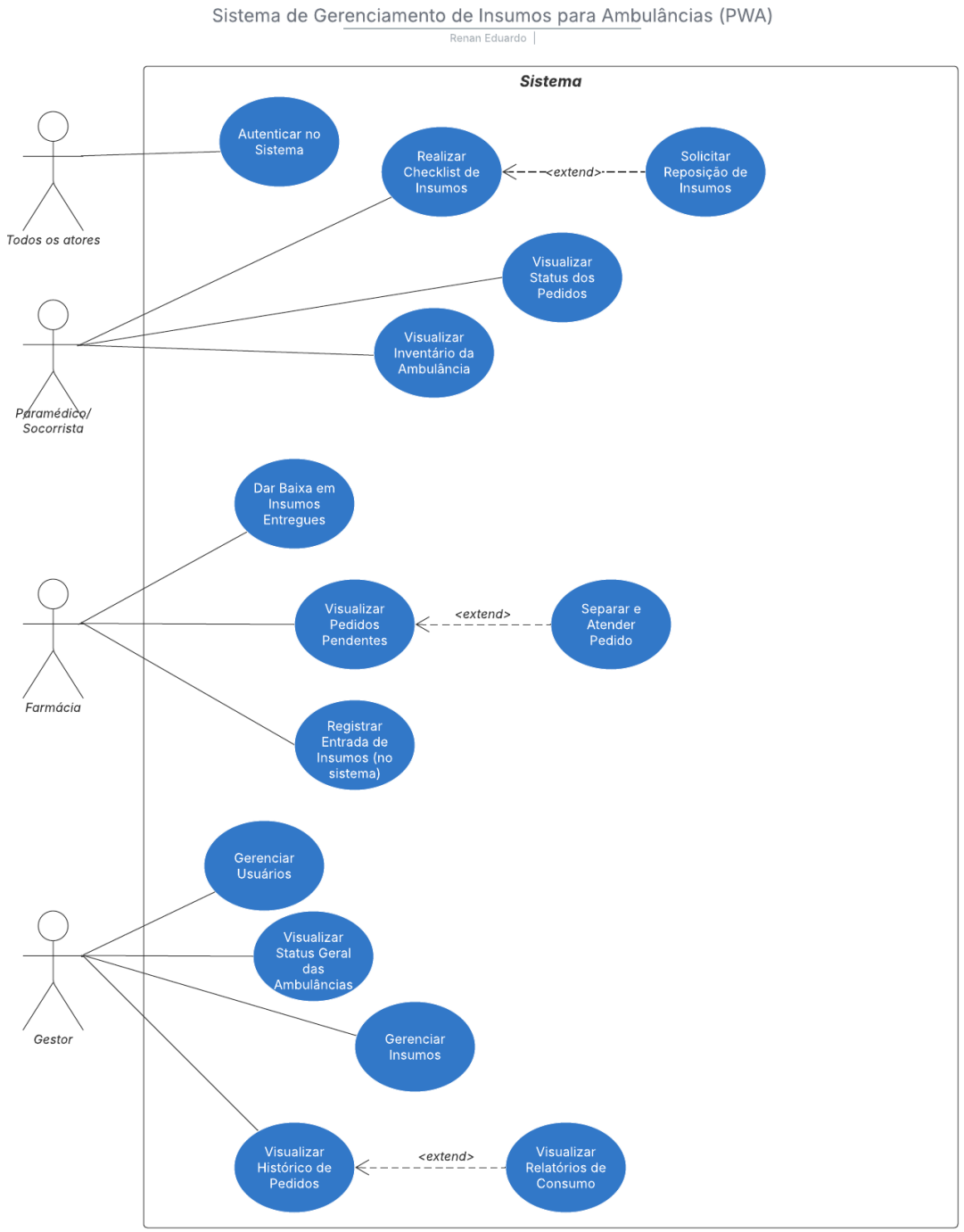


Figura 1 - Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Gerenciamento de Insumos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2.2. Modelagem de Dados (DER)

A integridade das informações foi garantida através da modelagem relacional. O banco de dados foi estruturado com tabelas normalizadas para Usuários, Insumos, Ambulâncias e Pedidos, ligadas por chaves estrangeiras que impedem inconsistências, como pedidos sem solicitante ou checklists sem viatura associada . Adicionalmente, implementou-se a tabela associativa Inventario_Padrao para permitir a configuração personalizada de itens por viatura.

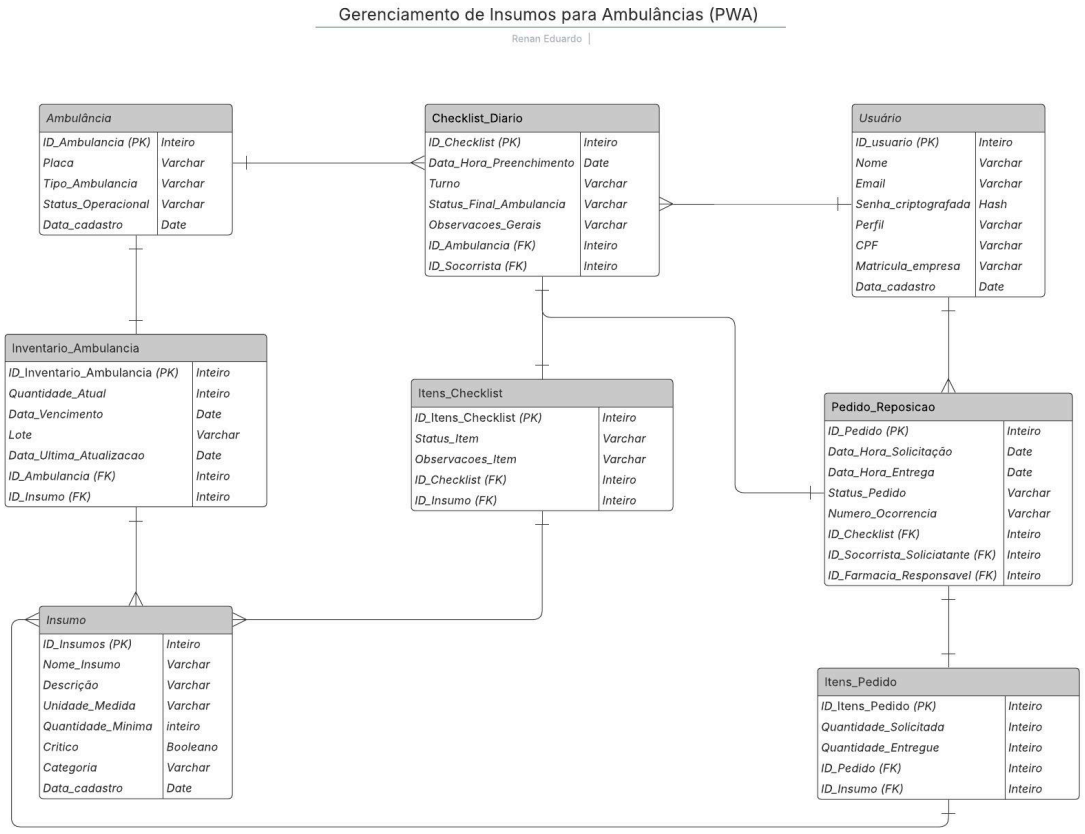


Figura 2 - Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER) do Sistema de Gerenciamento de Insumos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.3. Interfaces e Experiência do Usuário (UI/UX)

A interface do E-MedLog foi desenvolvida seguindo o conceito *Mobile First*, priorizando a usabilidade em smartphones, dispositivo padrão das equipes de socorro.

- Tela de Login: Apresenta design limpo, com feedback imediato em caso de credenciais inválidas e funcionalidade de visualização de senha.
- *Dashboard* Inteligente: O sistema implementa um painel adaptativo. O Socorrista visualiza botões de ação rápida e alertas de pedidos atendidos, enquanto o Gestor visualiza cards com indicadores de viaturas inaptas e pendências.
- *checklist* Otimizado: A lista de insumos foi otimizada com o pré-preenchimento das quantidades mínimas esperadas, agilizando o processo e exigindo interação do usuário apenas nos itens divergentes.

Abaixo nas Figuras de 3 a 7 temos exemplos de telas demonstrativas do sistema.

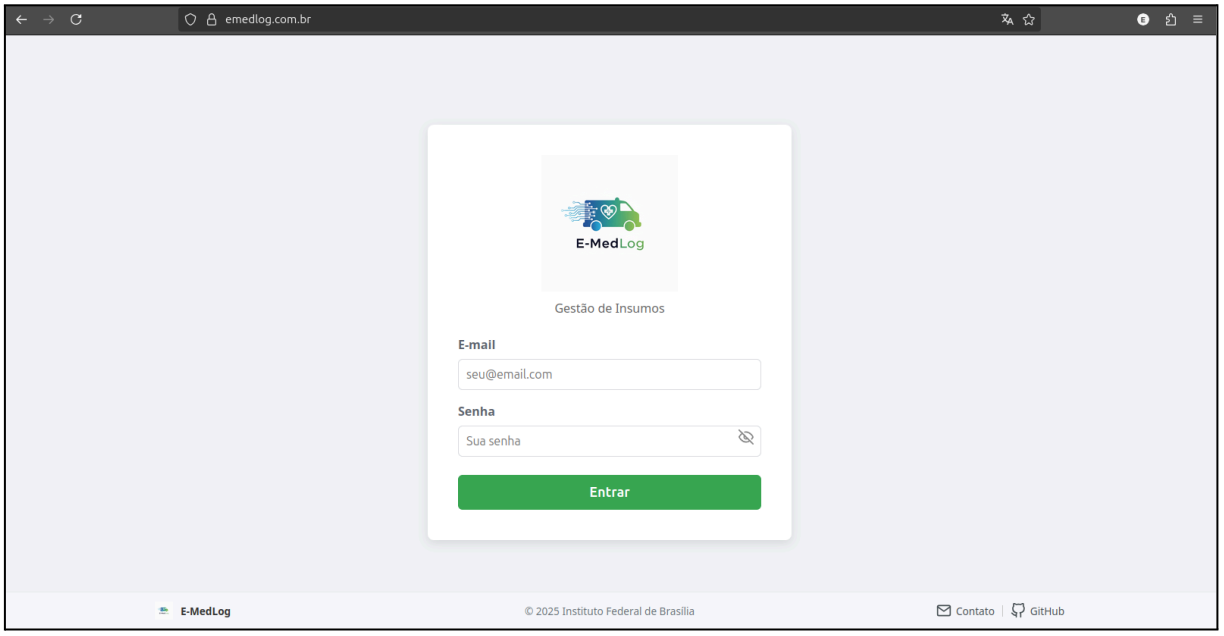


Figura 3 – Tela de Login do Sistema E-MedLog. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

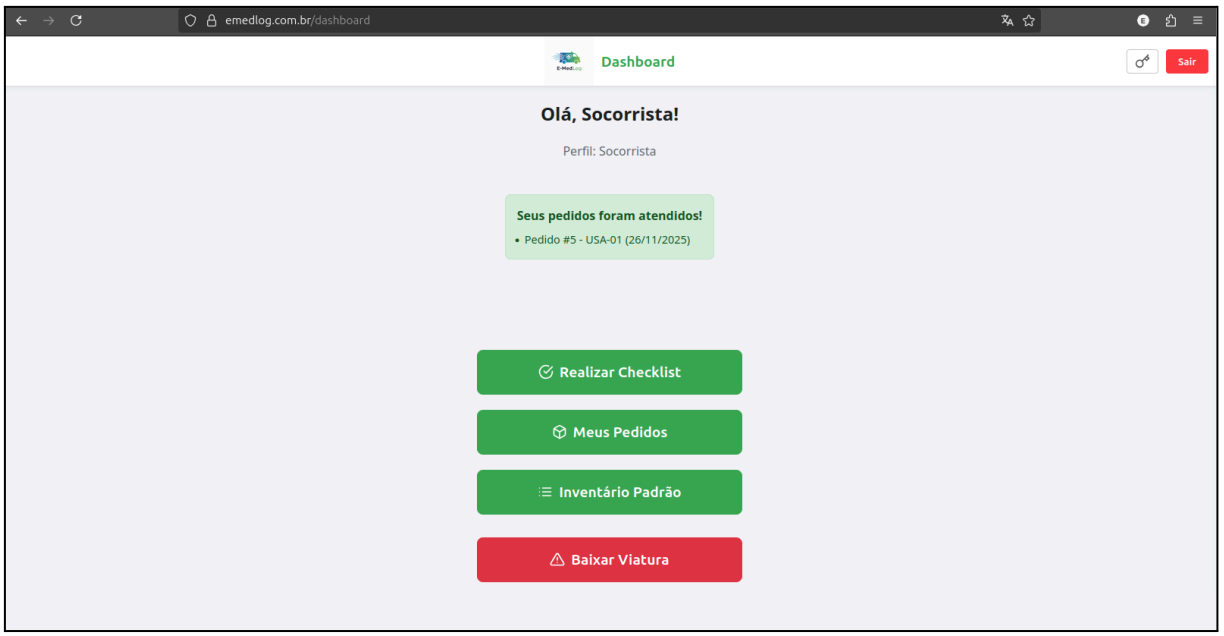


Figura 4 – Tela Início do Socorrista no Sistema E-MedLog. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

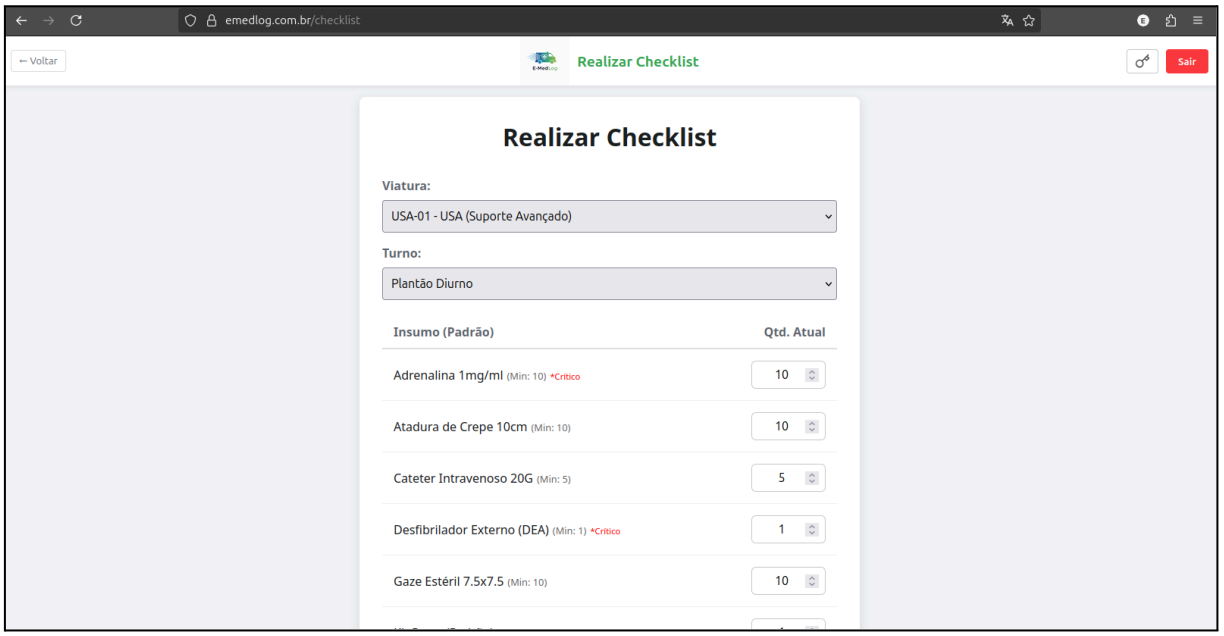


Figura 5 – Tela de *checklist* do Sistema E-MedLog. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

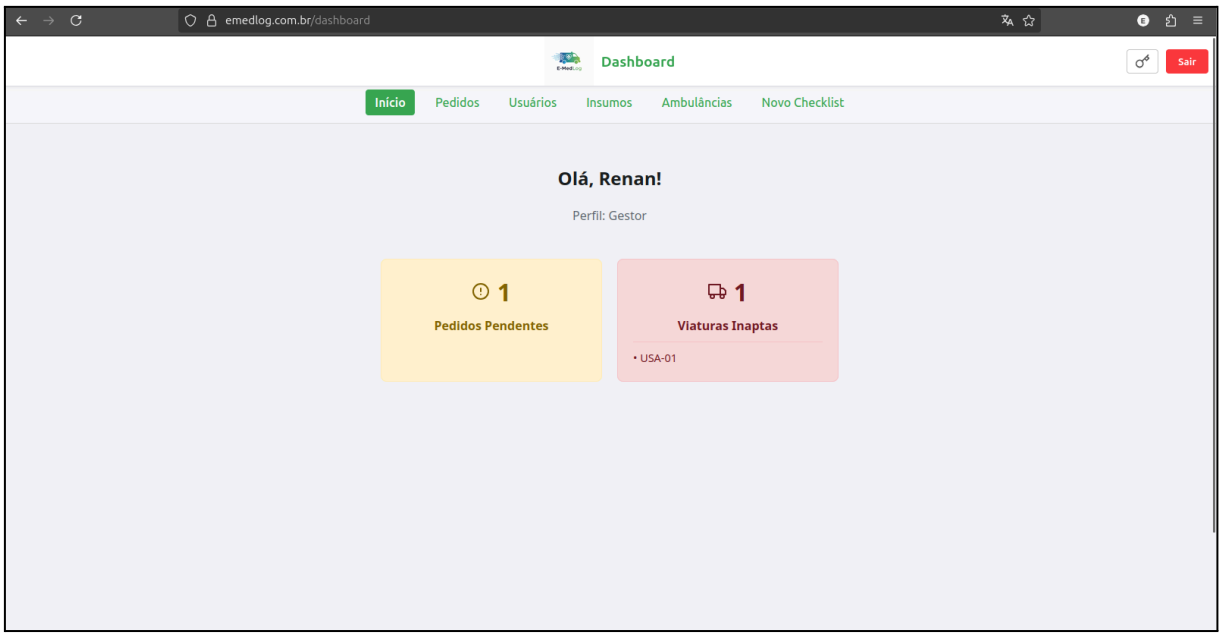


Figura 6 – Painel do Gestor no Sistema E-MedLog. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

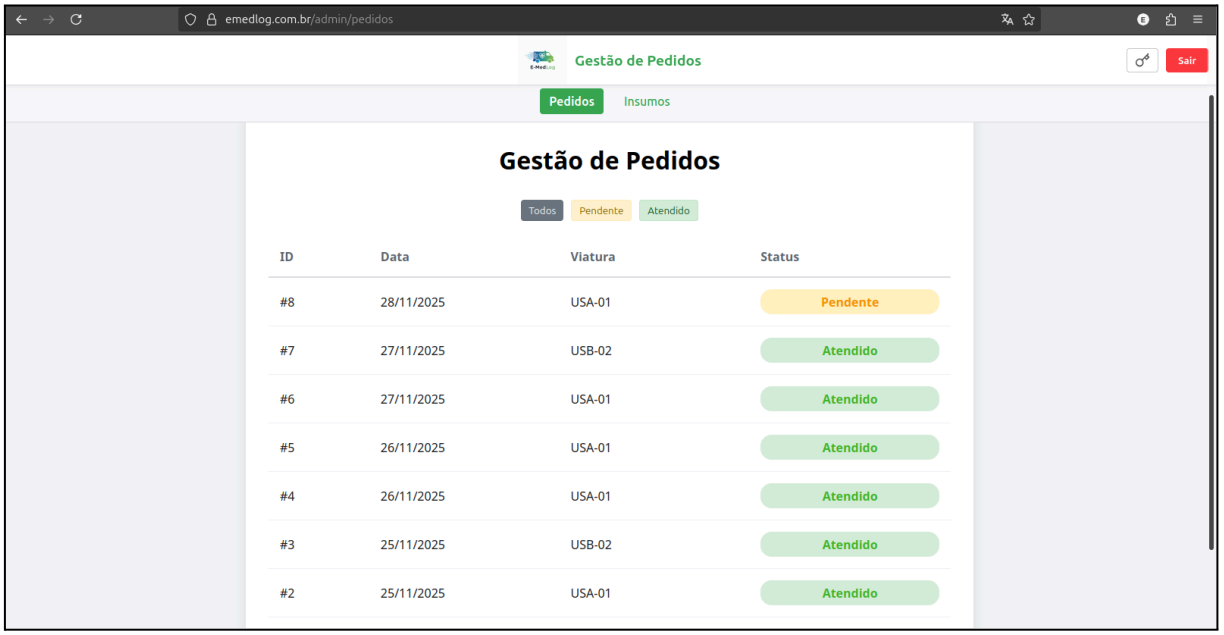


Figura 7 – Tela da Farmacia do Sistema E-MedLog. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.4. Arquitetura e Infraestrutura de Implantação

A implementação técnica do sistema consolidou uma arquitetura moderna, modular e de baixo custo, composta pelas seguintes camadas :

1. Servidor de Aplicação (Back-end): Desenvolvido em Python com o *framework* Flask. A API utiliza o padrão *Blueprints* para modularização das rotas e foi configurada para rodar como um serviço do sistema (systemd), garantindo reinicialização automática.
2. Interface Cliente (Front-end): Construída com a biblioteca React e estruturada via Vite. A aplicação foi compilada para arquivos estáticos otimizados para performance e configurada como PWA. A camada de estilização foi desenvolvida utilizando variáveis CSS globais (CSS Variables), conferindo ao sistema uma arquitetura flexível que permite a personalização ágil da identidade visual (cores e logomarcas) para se adequar às características de diferentes instituições de saúde.
3. Banco de Dados: Adotou-se o SGBD MariaDB, compatível com MySQL, hospedado localmente no servidor para garantir a soberania e integridade dos dados.
4. Servidor Web e Segurança: Configurou-se o servidor Nginx para atuar como *Proxy* Reverso, gerenciando as requisições entre o cliente e a API Flask.
5. Acesso Remoto e HTTPS: Para viabilizar o acesso externo seguro sem expor a rede local da unidade de saúde, implementou-se a tecnologia Cloudflare Tunnel. Esta solução cria um túnel criptografado, fornecendo automaticamente certificado SSL (HTTPS) e disponibilizando o sistema através do domínio seguro https://emedlog.com.br.

4.4.1. Descrição dos casos de usos do E-Medlog

Quadro 1 – Visão geral das interfaces e permissões de acesso do sistema E-MedLog.

	Descrição	
Interfaces	**Socorristas**	**Gestores e Farmacêuticos**
Tela de Login	Autenticação para acesso ao sistema	
Tela Principal do Socorrista	Exibe opções para iniciar *checklist*, visualizar histórico, e enviar pedido	Não se aplica
Tela de *checklist*	Permite preencher o *checklist*, e confirmar itens	Não se aplica
Tela de Itens Faltantes/Pedido	Exibe automaticamente os itens ausentes e gera solicitação de reposição	Visualiza os pedidos realizados pelos socorristas
Tela de Histórico do Socorrista	Exibe *checklists* anteriores com datas e status dos pedidos	Não se aplica
Tela Principal do Gestor	Não se aplica	Painel com *dashboard* de pedidos recebidos, controle de estoque e notificações
Tela de Cadastro de Usuários	Não se aplica	Permite cadastrar, editar e desativar usuários (socorristas e outros gestores)
Tela de Gestão de Pedidos	Não se aplica	Permite visualizar, aprovar, processar e marcar pedidos como atendidos
Tela de Relatórios	Não se aplica	Geração de relatórios de consumo, controle de estoque

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Quadro 2 – Especificação de Caso de Uso: Autenticação de Usuário (Login)

Caso de uso	Autenticar usuário
Ator principal	Socorrista, Farmacêutico e Gestor
Resultado Final	Usuário acessa o sistema com permissões adequadas ao seu perfil
Pré-condições	O usuário precisa estar previamente cadastrado no sistema.
Disparo	O usuário insere e submete e-mail e senha.
Fluxo principal	1. Usuário insere e-mail e senha nos campos indicados. 2. O sistema verifica credenciais no banco de dados. Se válidas, redireciona: 1. Para Tela 2 (Socorrista), se o perfil for socorrista. 2. Para Tela 3 (Gestor), se o perfil for gestor. 3. Para Tela 4 (Farmacia), se o perfil for gestor
Exceções	1. Dados inválidos: o sistema retorna mensagem de erro. 2. Conta inativa: usuário é orientado a procurar o administrador.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Quadro 3 – Especificação de Caso de Uso: Realização de *checklist* e Solicitação de Reposição

Caso de uso	Realizar *checklist* e enviar solicitação de reposição
Ator principal	Socorrista
Resultado Final	*checklist* de itens preenchido e enviado, incluindo itens faltantes
Pré-condições	Usuário logado com permissão de socorrista.
Fluxo principal	1. Sistema exibe lista dos itens esperados na viatura. 2. O socorrista marca os itens disponíveis e ausentes. 3. O sistema gera automaticamente um relatório com os itens faltantes. 4. O relatório é enviado para farmácia. 5. O socorrista pode visualizar o histórico de *checklists* enviados.
Exceções	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Quadro 4 – Especificação de Caso de Uso: Gerenciamento Administrativo e de Insumos

Caso de uso	Gerenciar usuários, insumos, ambulâncias, resumo dos pedidos e relatórios de *checklists*
Ator principal	Gestor da farmácia ou administração
Resultado Final	Visualização dos *checklists*, pedidos gerados e cadastro de usuários/itens mantido
Pré-condições	Usuário logado como gestor.
Disparo	Gestor acessa o painel de administração após login.
Fluxo principal	1. Visualizar relatórios enviados pelos socorristas. 2. Cadastrar, editar ou excluir usuários (socorristas). 3. Cadastrar ou editar lista de itens padrão de cada tipo de viatura. 4. Marcar pedidos como atendidos.
Exceções	1. Erro ao gerar relatório: mensagem de falha e sugestão de tentativa novamente. 2. Dados incompletos: impede o envio/atendimento de pedidos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Quadro 5 – Especificação de Caso de Uso: Controle de Pedidos da Farmácia

Caso de uso	Gerenciar usuários, itens e relatórios de *checklists*
Ator principal	Gestor da farmácia ou administração
Resultado Final	Visualização dos *checklists*, pedidos gerados e cadastro de usuários/itens mantido
Pré-condições	Usuário logado como gestor.
Disparo	Gestor acessa o painel de administração após login.
Fluxo principal	1. Visualizar relatórios enviados pelos socorristas. 2. Cadastrar, editar ou excluir usuários (socorristas). 3. Cadastrar ou editar lista de itens padrão de cada tipo de viatura. 4. Marcar pedidos como atendidos.
Exceções	1. Erro ao gerar relatório: mensagem de falha e sugestão de tentativa novamente. 2. Dados incompletos: impede o envio/atendimento de pedidos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

4.4.2. Arquitetura Implementada

A arquitetura final do sistema E-MedLog foi implementada seguindo uma abordagem de separação de responsabilidades, garantindo modularidade e escalabilidade. O front-end, responsável pela interface do utilizador, foi desenvolvido como um *Progressive Web App* (PWA) utilizando a biblioteca React com JavaScript (ES6+) e CSS3, estruturado com a ferramenta de build Vite e utilizando React Router DOM para o gerenciamento de rotas e navegação entre as telas.

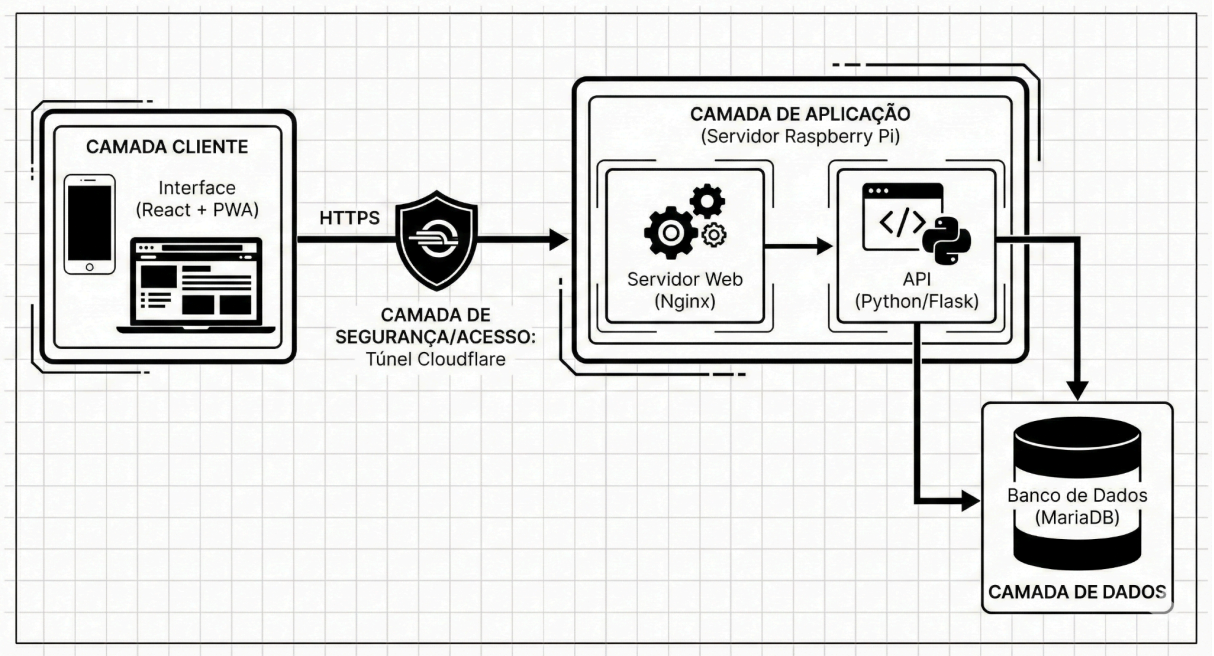


Figura 8 – Arquitetura em camadas do sistema E-MedLog Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O back-end, que contém a lógica de negócios e a API RESTful, foi construído em Python com o *microframework* Flask. Para garantir a organização do código, adotou-se o padrão *Application Factory* e a divisão das rotas em *Blueprints* por funcionalidade (autenticação, usuários, insumos, checklists, pedidos e ambulâncias). Bibliotecas como Flask-Bcrypt foram utilizadas para o *hashing* seguro de senhas e Flask-Cors para permitir a comunicação segura com o front-end. A interação com a base de dados foi realizada através do conector oficial mysql-connector-python.

A persistência dos dados foi garantida por um banco de dados relacional, MariaDB. O ambiente de homologação utilizou um Raspberry Pi executando o sistema operacional Raspberry Pi OS Lite, instalado em um cartão microSD, onde também foram alocados todos os serviços da aplicação e o armazenamento do banco de dados. O servidor web Nginx foi configurado para servir os arquivos estáticos da aplicação React e atuar como Proxy Reverso, direcionando as requisições da API (/api/*) para o servidor Flask rodando localmente na porta 5000. Adicionalmente, implementou-se o Cloudflare Tunnel para prover acesso externo seguro e criptografia automática (HTTPS) sem a necessidade de exposição de portas na rede local .

4.5. Funcionalidades Implementadas

Com base nos requisitos levantados, as seguintes funcionalidades foram desenvolvidas, implementadas e validadas:

- Autenticação e Segurança (RF01, RNF03, RNF04): Sistema de login com armazenamento seguro de senhas (hash) e proteção de rotas. O acesso às interfaces administrativas é restrito aos perfis 'Gestor' e 'Farmácia', enquanto o 'Socorrista' acessa um painel operacional simplificado.
- Gestão de Ambulâncias e Ciclo de Vida (RF08, RF09): O sistema permite o cadastro completo da frota. Implementou-se a funcionalidade crítica de "Baixa de Viatura", onde o socorrista pode reportar problemas (mecânicos ou falta de insumos), bloqueando a unidade como "Inapta" no sistema. O Gestor visualiza o motivo da baixa e possui a prerrogativa exclusiva de reativar a viatura após a regularização.
- *checklist* Inteligente (RF03, RF04): O socorrista seleciona a viatura e visualiza a lista de insumos personalizada com o pré-preenchimento automático das quantidades mínimas esperadas, agilizando o processo. A interface destaca visualmente itens críticos.
- Geração Automática de Pedidos (RF05): Ao submeter o *checklist,* o back-end processa os dados e, caso identifique itens abaixo do estoque mínimo configurado, gera automaticamente um Pedido de Reposição contendo apenas os itens faltantes e suas respectivas quantidades.

- Comunicação e Alertas (RF10): Implementou-se um sistema de notificação visual no painel do socorrista, alertando-o quando seus pedidos de reposição são marcados como "Atendidos" pela farmácia, fechando o ciclo de comunicação.
- Histórico e Gestão de Pedidos (RF06, RF07): A Farmácia e o Gestor possuem acesso a uma lista filtrável de pedidos (Pendentes/Atendidos), permitindo o controle do fluxo de saída de materiais.
- Administração do Sistema: Interfaces exclusivas para o Gestor realizarem o cadastro e edição de Usuários e Insumos, garantindo a manutenção dos dados mestres do sistema.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do sistema E-MedLog resultou em uma aplicação funcional, hospedada e segura, capaz de digitalizar integralmente o fluxo de reposição de insumos na UPA de Vicente Pires. Os resultados obtidos são apresentados a seguir, detalhando a validação das funcionalidades, a robustez da infraestrutura técnica e a avaliação profunda da usabilidade junto aos usuários finais.

5.1. Validação Funcional e Operacional

A validação do software ocorreu através da execução de 1 ciclo completo de uso, simulando o caso de uso de *checklist* de insumos das ambulâncias com os socorristas, com os funcionários da farmácia foi feito o caso de uso de aprovar o pedido, e com o gestor foi testado o caso de uso de cadastro de usuário e visualização do *Dashboard*. O ciclo de testes iniciou-se com a disponibilização do link de acesso seguro (https://emedlog.com.br) diretamente nos dispositivos móveis dos participantes, juntamente com as credenciais de acesso para cada perfil. Foram fornecidas apenas orientações verbais sucintas sobre o objetivo da aplicação, sem a realização de treinamento prévio extensivo, visando aferir a intuitividade da interface. Os usuários foram instruídos a realizar o fluxo completo, desde a autenticação até a baixa da solicitação pela farmácia. Os testes confirmaram a aderência integral aos requisitos levantados.

Segurança e Controle de Acesso (RF01, RNF03, RNF04) O mecanismo de autenticação comportou-se conforme o esperado, garantindo o bloqueio de acessos não autorizados. O sistema direciona corretamente os usuários para interfaces personalizadas: o Socorrista acessou um painel operacional focado em agilidade (botões grandes), enquanto o Gestor visualizou um *Dashboard* estratégico com indicadores. Testes de segurança demonstraram que as tentativas de acesso direto a rotas administrativas via URL por perfis não autorizados foram bloqueadas com sucesso pelo componente de proteção de rotas (ProtectedRoute).

Eficiência do *checklist* Inteligente (RF03, RF04) A substituição do formulário em papel pela interface digital reduziu drasticamente o tempo necessário para a conferência da viatura. A funcionalidade de pré-preenchimento automático das

quantidades (baseada no estoque mínimo cadastrado) provou ser um diferencial crítico de usabilidade. Ao assumir que o "padrão é estar correto", o sistema exigiu interação do usuário apenas nos itens divergentes, minimizando a carga cognitiva e o esforço de digitação em dispositivos móveis.

Ciclo de Vida da Ambulância (RF08, RF09) O sistema implementou com sucesso o controle de status das viaturas. A funcionalidade de "Baixa de Viatura" permitiu que o socorrista reportasse problemas em tempo real, registrando o motivo no banco de dados (ex: "Falha no desembaçador"). Isso resultou no bloqueio visual imediato da unidade como "Inapta" no painel do gestor. O ciclo foi concluído com a ferramenta de reativação, onde o gestor, após resolver a pendência, liberou a viatura para operação, criando um histórico auditável de indisponibilidade.

Comunicação Ativa e Alertas (RF10) A introdução de alertas visuais no painel do socorrista sobre pedidos "Atendidos" fechou o ciclo de comunicação com a farmácia. Essa funcionalidade eliminou a necessidade de verificações presenciais constantes sobre a disponibilidade dos materiais, resolvendo um dos principais gargalos de comunicação apontados nas entrevistas iniciais com a equipe da UPA.

5.2. Avaliação de Usabilidade (Método SUS)

Para mensurar a aceitação e a facilidade de uso do sistema, aplicou-se o questionário System Usability Scale (SUS) a um grupo de 13 participantes. O perfil dos respondentes (Gráfico 1) foi composto majoritariamente por Socorristas/Enfermagem (46,2%), seguidos por Avaliadores Externos (Alunos do curso de Tecnologia em Sistemas para a Internet) (30,8%), Profissionais do setor da Farmácia (15,4%) e Gestores (7,7%), garantindo uma visão multidisciplinar da ferramenta .

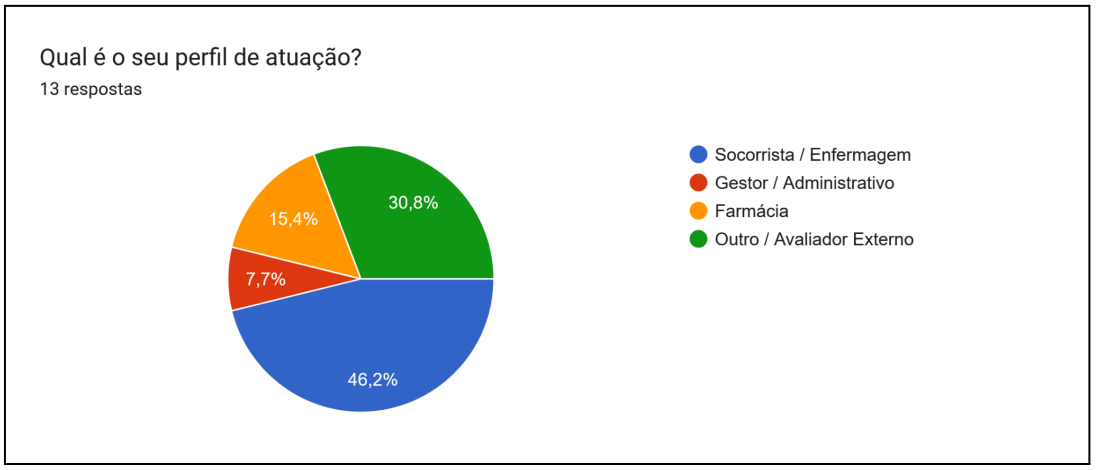


Figura 9 – Percentual do questionário SUS, aplicado via Forms Google. Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O instrumento utilizado é composto por 10 perguntas alternadas entre positivas e negativas, gerando uma pontuação final de 0 a 100.

Análise dos Dados Quantitativos O sistema obteve uma pontuação média de 87,0 na escala SUS. De acordo com a literatura de usabilidade (Bangor, Kortum e Miller, 2008), sistemas com pontuação acima de 68 são considerados "acima da média", e acima de 80 são classificados como "Excelentes". A nota obtida coloca o E-MedLog no percentil superior de aceitação de software.

Destacam-se os seguintes indicadores extraídos das respostas :

- Facilidade de Uso: 91,7% dos usuários concordaram totalmente que o sistema é fácil de usar.
- Integração: 100% dos respondentes consideraram que as funções do sistema estão bem integradas.
- Confiança: 91,7% afirmaram sentir-se confiantes ao utilizar o sistema.

O único ponto de atenção observado foi na questão 'Acho que precisaria de ajuda de uma pessoa técnica', onde 23% dos usuários indicaram uma concordância parcial ou total. Entretanto, ao analisar o perfil desses respondentes, observa-se

uma correlação direta com o grupo 'Outros/Avaliadores Externos' (que representam 30,8% da amostra). Isso sugere que a percepção de necessidade de suporte advém majoritariamente da falta de familiaridade desses participantes com o fluxo operacional de urgência, e não de uma complexidade da interface, visto que os profissionais atuantes no serviço (socorristas e enfermeiros) demonstraram maior autonomia no uso da ferramenta.

Análise do *Feedback* Qualitativo Os comentários abertos corroboraram os dados numéricos e forneceram insights valiosos. Profissionais da farmácia destacaram a "facilidade na gestão de insumos e otimização de tempo" e aprovaram o fluxo proposto. Socorristas apontaram que a ferramenta "seria muito útil na prática", especialmente pela "visualização intuitiva de ambulâncias que estejam com algum problema" .

Uma limitação técnica importante foi identificada durante os testes de campo: "Fica dando zoom no meu celular". Em resposta ágil a esse *feedback,* foi realizada uma correção técnica no código final (*viewport* meta tag), bloqueando o zoom acidental e ajustando a interface para as áreas seguras de toque *(Safe Areas*) de dispositivos modernos, garantindo uma experiência nativa.

5.3. Análise da Infraestrutura e Desempenho

A arquitetura baseada em microsserviços (Front-end e Back-end separados), hospedada em um servidor local de baixo custo (Raspberry Pi), configurou-se como um ambiente de homologação e simulação, essencial para a validação técnica e funcional do projeto. Durante esta fase de testes, a infraestrutura demonstrou desempenho satisfatório para a demanda controlada, operando com tempos de resposta inferiores a 200 ms para as requisições de API.

A utilização do Nginx como servidor web e do Cloudflare Tunnel validou o modelo de segurança e acesso remoto, permitindo disponibilizar o sistema via internet através de um domínio seguro (https://emedlog.com.br) com criptografia SSL automática, sem a necessidade de expor a rede interna da unidade de saúde.

Contudo, para a implantação definitiva em ambiente de produção profissional, recomenda-se a migração da hospedagem para servidores de maior capacidade de processamento ou infraestrutura em nuvem (*Cloud Computing*). Essa escalabilidade de *hardware* é necessária para garantir a alta disponibilidade e a fluidez do sistema diante do provável aumento exponencial no volume de acessos simultâneos e no histórico de dados, assegurando a robustez que um serviço de urgência e emergência exige.

5.4. Discussão dos Resultados

Ao confrontar os resultados obtidos com a literatura revisada, confirma-se a premissa de Bettini (2024) de que a mobilidade é essencial para a gestão em saúde. A solução PWA permitiu que o sistema fosse acessado em dispositivos móveis variados sem falhas de compatibilidade, garantindo que o registro ocorresse no local da assistência.

Diferente do processo manual anterior, onde a rastreabilidade dependia da guarda física de papéis sujeitos a extravio, o E-MedLog criou um histórico digital auditável e centralizado. Isso soluciona o problema central identificado na UPA de Vicente Pires, oferecendo aos gestores métricas precisas sobre o consumo de materiais e o tempo de inatividade das ambulâncias dados que eram inexistentes ou imprecisos no modelo analógico. A automação da geração de pedidos eliminou os erros de cálculo humano e a ilegibilidade, assegurando que a farmácia recebesse solicitações padronizadas e claras.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho alcançou seu objetivo geral ao desenvolver e validar, em nível de prova de conceito, o sistema E-MedLog, uma solução digital voltada para a otimização do gerenciamento de insumos em ambulâncias de unidades de pronto atendimento. A transição de um processo manual e analógico para uma plataforma *web* responsiva (PWA) demonstrou ser não apenas viável, mas essencial para a modernização dos serviços de saúde de urgência.

A validação funcional do sistema confirmou que a automação do *checklist* e a geração instantânea de pedidos de reposição eliminam gargalos históricos, como a ilegibilidade de formulários, o extravio de solicitações e a falta de dados para auditoria. A infraestrutura implementada, utilizando servidores de baixo custo e tunelamento seguro, provou que soluções robustas podem ser entregues com eficiência de recursos.

Conclui-se que a tecnologia, quando aplicada com foco na usabilidade e nas dores reais do usuário, atua como um catalisador de qualidade. O E-MedLog entrega à UPA de Vicente Pires uma ferramenta capaz de transformar dados operacionais em segurança para o paciente, garantindo que as equipes de socorro tenham a certeza de que suas viaturas estão, de fato, aptas para salvar vidas.

6.1. Limitações do Estudo

Apesar do êxito na implementação, o projeto apresenta limitações inerentes ao seu escopo inicial. A dependência de conectividade com a internet para a sincronização em tempo real dos dados é um fator crítico, visto que ambulâncias podem operar em áreas de sombra de sinal (zonas rurais ou subsolos). Além disso, a segurança da API, embora protegida pelo túnel criptografado e pelo *front-end*, carece de uma camada de autenticação stateless (tokens) para prevenir acessos diretos mal-intencionados.

6.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Visando a evolução contínua da plataforma e sua escalabilidade para outras unidades da rede pública, sugerem-se os seguintes desenvolvimentos futuros:

- Arquitetura *Offline-First:* Implementação de armazenamento local (*IndexedDB*) e sincronização em segundo plano (*Service Workers*), permitindo que o socorrista realize o *checklist* completo mesmo sem conexão à internet.
- Segurança Avançada: Adoção de autenticação via JWT (JSON Web Tokens) e implementação de *Rate Limiting* na API para proteção contra ataques de força bruta.
- Trilha de Auditoria (*Audit Trail*): Criação de um módulo de *logs* imutáveis para registrar todas as ações críticas (ex: quem baixou uma viatura, quem alterou o estoque mínimo), garantindo *compliance* total com normas públicas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. M. V. D. *et al*. Análise dos serviços prestados pelo SAMU 192: componente móvel da rede de atendimento de urgência e emergência. **Escola Anna Nery**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 289-295, 2016. Disponível em: https://eanjournal.org/article/doi/10.5935/1414-8145.20160039. Acesso em: 13 set. 2025.

ANDRADE, R. G. S. *et al*. Inserção dos profissionais de enfermagem no gerenciamento de materiais em hospital universitário do Paraná. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 42, 2012069, 2021. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/rgenf/article/view/110930. Acesso em: 20 out. 2025.

BARRA, D. C. C. *et al.* Métodos para desenvolvimento de aplicativos móveis em saúde: revisão integrativa da literatura. **Texto & Contexto – Enfermagem**, Florianópolis, v. 26, n. 4, e02260017, 2017. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/714/71453540029.pdf. Acesso em: 13 out. 2025.

BETTINI, Nicole Maria Miyamoto. **Construção e avaliação de aplicativo para gestão de materiais em Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2024. Disponível em:https://repositorio.unesp.br/entities/publication/96e7c9ca-d9d0-4ce3-9fce-fce75e70726e. Acesso em: 15 Abr. 2025.

BOGO, Priscila Conde *et al*. **O enfermeiro no gerenciamento de materiais em hospitais de ensino**. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 49, n. 4, p. 632-639, 2015 Tradução. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/002733535 Acesso em: 20 Abr. 2025.

CASTILHO, V.; LOURENÇO, K. G. Nível de atendimento dos materiais classificados como críticos no Hospital Universitário da USP. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, v. 60, n. 1, p. 15-20, 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/7/7131/tde-02102006-123541/en.php. Acesso em: 15 mai. 2025.

CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação à administração de materiais**. São Paulo: Makron/McGrawHill, 1991. Disponível em: https://www.bvirtual.com.br/NossoAcervo/Publicacao/35823. Acesso em: 15 mai. 2025.

CINTHO, L. M. M. *et al.* Métodos para avaliação de sistema de informação em saúde. **Journal of Health Informatics**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 2, p. 41-48, 2016. Disponível em: https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/346. Acesso em: 28 nov. 2025.

CLOUDFLARE. **Cloudflare Tunnel Documentation**. 2024. Disponível em: https://developers.cloudflare.com/cloudflare-one/connections/connect-networks/. Acesso em: 15 out. 2025.

GARCIA, S. D. *et al*. O enfermeiro no gerenciamento de material médico-hospitalar: revisão integrativa. **Online Brazilian Journal of Nursing**, Niterói, v. 12, n. 3, p. 748-757, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5935/1676-4285.20133791. Acesso em: 25 setembro. 2025.

HONÓRIO, M. T.; ALBUQUERQUE, G. L. A gestão de materiais em enfermagem. **Ciência, Cuidado e Saúde**, Maringá, v. 4, n. 3, p. 259-268, 2005. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/bde-12313. Acesso em: 28 nov. 2025.

MARIADB FOUNDATION. **MariaDB Server Documentation**. Versão 11.4. 2024. Disponível em: https://mariadb.com/kb/en/documentation/. Acesso em: 20 out. 2025.

MELO, A. B. *et al*. A gestão de materiais médico-hospitalar em hospital público. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 396-387, 2016. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5555865.pdf. Acesso em: 28 nov. 2025.

META OPEN SOURCE. **React**: the library for web and native user interfaces. Versão 18.3. 2024. Disponível em: https://react.dev/. Acesso em: 26 out. 2025.

ORTIGA, A. M. B. *et al*. Avaliação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência em Santa Catarina, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 12, e00176714, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0102-311x00176714. Acesso em: 28 nov. 2025.

PALLETS PROJECTS. **Flask Documentation**. Versão 3.0.x. 2024. Disponível em: https://flask.palletsprojects.com/. Acesso em: 27 out. 2025.

PASCHOAL, M. L. H.; CASTILHO, V. Implementação do sistema de gestão de materiais informatizado do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 984-988, 2010. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/002148969 Acesso em: 28 out. 2025.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. **Engenharia de Software**: uma abordagem profissional. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. Disponível em: https://www.kufunda.net/publicdocs/Engenharia%20de%20Software%20-%207.ed.%20(Roger%20S.%20Pressman).pdf Acesso em: 28 out. 2025.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python 3.12.2 Documentation**. 2024. Disponível em: https://docs.python.org/3/. Acesso em: 28 out. 2025.

UX COLLECTIVE BRASIL. **O que é o SUS** – System Usability Scale e como usá-lo em seu site. 2020. Disponível em:

https://brasil.uxdesign.cc/o-que-%C3%A9-o-sus-system-usability-scale-e-como-us%C3%A1-lo-em-seu-site-6d63224481c8. Acesso em: 17 jun. 2025.

VECINA NETO, G.; REINHARDT FILHO, W. **Gestão de recursos materiais e de medicamentos**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_cidadania_volume12.pdf. Acesso em: 28 nov. 2025.

VENTURA, P. F. E. V.; FREIRE, E. M. R.; ALVES, M. Participação do enfermeiro na gestão de recursos hospitalares. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 126-147, 2016. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/3398. Acesso em: 28 nov. 2025.

GLOSSÁRIO

mHealth: Abreviação de *Mobile Health*. Refere-se à prática de medicina e saúde pública suportada por dispositivos móveis, como telefones celulares, *tablets*, dispositivos de monitoramento de pacientes e outros dispositivos sem fio.